

基于软件无线电平台的 无线通信信道测量系统设计

夏 鹏

(厦门大学信息科学与技术学院, 厦门 361005)

摘 要: 无线信道是无线通信系统研究的基础。而研究无线信道的最有效的方法就是进行实地信道探测实验。目前国际上在信道测量和建模的研究较为深入, 但是我国在该领域的研究尚处于起步阶段。本文基设计了一种基于软件无线电平台(USRP)的无线通信信道测量系统, 为无线通信系统的网络规划提供实测依据。

关键词: USRP; 信道测量; 无线通信; 路径损耗

无线通信系统的性能主要受到无线信道的制约, 鉴于无线信道对于无线通信系统设计的重要性, 任何无线通信系统在被研究、采纳和应用之前, 首先应该对无线信道的各种特征参数做出详细的分析, 建立合理的信道模型。无线信道测量是了解信道特征的最直接途径。通过信道测量我们可以“捕捉”无线信道的各种特征行为, 从这些行为中抽象出表征它们的关键参数, 由此建立的信道模型具有较高的可靠性, 可以为通信系统的仿真和评估提供依据。本文设计了基于软件无线电(USRP)的无线信道测量系统, 主要是包含信号发射源系统、基于USRP的信号接收系统、测量实验数据的处理。

1 信号发射源系统

1.1 信号源系统的硬件

本文研究中实验测量的信号源硬件主要包括: 7.4V 高性能锂电池、STM32F103 YL-8 最小系统板、YL-100T 信号模块、433M 天线。

1.2 STM32F103 YL-8 最小系统板

STM32 系列基于专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用专门设计的 ARM Cortex-M 内核。F103 系类板嵌入了 ARM32 位 Cortex-M3 CPU, 最高工作频率 72MHz, 1.25DMIPS/MHz。采用了从 32K 到 512K 字节的闪存程序存储器。系统模块带有 8 个定时器。YL-8 是一块功能较为齐全的单片开发板, 这里利用定时器中断产生周期性脉冲信号。

1.3 YL-100T 信号模块和天线

YL-100T 是无线采集, 无线数传和无线收发模块。YL-100T 是一款高稳定性, 低功耗, 高性价比的采用 GFSK 调制方式的无线透明数据收发模块。它不改变任何数据和协议, 完成无线传输数据功能。该模块相对一般模块具有尺寸小, 灵敏度高, 传输距离远, 通讯数率高, 内部自动完成通讯协议转换和数据收发控制等特点。

2 基于 USRP 的信号接收系统

USRP 硬件平台基本结构主要是由两个部分组成, 包括母板和射频前端, 核心器件就是母板。USRP-N210 母板包含两路 100 MS/s 14-bit 的模数转换器(ADC)和两路 400 MS/s 16-bit 的数模转换(DAC), 还有一块赛灵思 Sparten-3A 系列 FPGA 芯片和一个 ETHERNET(1Gb/s)接口。其中 FPGA 主要是做一些非常重要的但是计算量又非常大的输入信号的预处理工作。

USRP 母板通过 ETHERNET(1Gb/s)接口与普通 PC 机相连接, PC 机部分主要是完成基带处理功能。在发送端 USRP 中 FPGA 对信号进行内插, 上变频到中频频段, 并最终通过 DAC 进行数模转换, 然后由子板形成射频信号并通过天线发送; 在接收端, 通过模数转换将信号转换 FPGA 能够处理的信号, 同时在 FPGA 中完成数字下变频和信号的抽取, 使通过 ETHERNET 接口的数据率大大降低, 以便普通的 PC 机处理。

每个主板可以安装最多四个子板: 两个接收, 两个发射。Ettus Research 为这些子板配备了多个系列, 覆盖从直流到 5.9GHz 整个频

率范围。本文研究中使用的子板类型是 SBX, 支持复采样的子板(频率覆盖范围为 400MHz 至 4.4GHz)。

USRP 硬件平台需要依靠 GNU Radio 信号处理方案在主机 CPU 上完成所有时域、频域波形相关的处理。GNU Radio 是一个开源的软件定义无线电平台。它提供许多通用软件无线电需要的库, 其中包括各种调制方式(例如: GMSK, QAM, PSK, OFDM 等)、信号处理模块(最优滤波器、FFT、均衡器、定时恢复)、纠错码(R-S 码、维特比码、Turbo 码)和系统调度等。

本测量系统中采用的是基于 Ubuntu 12.04 的 Linux 系统下的 GNU Radio 软件模块。它提供一整套信号处理模块库, 并架起了将用 C++ 程序语言编写的信号处理模块连在一起的桥梁。GNU Radio 是一个很灵活的系统, 允许用户使用 C++ 或者 Python 开发应用程序。因此, 开发者能够简单快速的构建一个实时、高容量的无线通信系统, 而所有高速通用操作都在 FPGA 上完成, 比如数字上下变频、抽样和内插等。

3 实验测量以及数据处理

本文的实验测量主要是利用 USRP 硬件平台来测试接收到的无线信号源的功率大小与距离的关系以构建无线信道的损耗模型。GNU Radio 软件平台里面现有的 `uhd_fft` 的 Python 模块可以直接测量并显示接收到的信号经过 fft 变换后的频谱图, 只需要将 fft 计算的 C++ 模块得到的相关频谱数据保存下来, 然后在 Matlab 里面处理, 就可以计算信号在有效带宽范围内的功率值。根据信号处理的理论, fft 运算的结果是一个包含实部和虚部的复数, 如 $x[n] = x[n].realx[n].img$, 各个分量的功率计算为: $p(n) = (x[n].real * x[n].real + x[n].img * x[n].img) / n$; 信号源的总功率即为各分量功率和。

4 结语

本文设计的实时信道测量系统具有价格低廉、可扩展性好、连续数据存储速率高和存储容量大的特点, 适用与科研工作者与在校学生对于无线信道的探测与研究, 不但价格低廉, 而且灵活性强。它的主要缺点是测量带宽有限, 暂时只能测量信号的接收功率无法测试更多的信道参数的。

参考文献:

- [1] 基于 GNU Radio 和 USRP 的无线通信系统建模仿真 [J]. 现代电子技术, 2013, 36(18):73-77.
- [2] 曹瀚文, 王文博. GNU Radio: 开放的软件无线电平台 [J]. 电信快报: 网络与通信, 2007(04):31-34. 杨宏, 孔耀晖, 茹晨光等.
- [3] 王朕. 无线通信系统的信道测量与建模关键技术研究 [D]. 中国科学院研究生院 (上海微系统与信息技术研究所), 2008.

作者简介: 夏鹏 (1988-), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 研究方向: 无线信道建模。